

Fizyolojik özel dolaşım ve egzersiz

Physiological special circulation and exercise

Gökmen Kılınçarslan

Bingöl Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Bingöl, gkilincarslan@bingol.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5176-6477

ÖZET

Dolaşım sistemi başlıca kalp ve damarlardan oluşan önemli bir sistemdir. Bu sistemde kalp merkezde yerleşmiş olup, damarlar kalpten çıkıp, kalbe tekrar geri dönen kapalı bir boru sistemini oluşturmaktadır. Dolaşım sisteminin temel fonksiyonu, kanın damar sistemi içinde belli bir basınç altında dolaşmasını sağlamaktır. Organizmada bazı dolaşım bölgeleri fizyolojik ve anatomik fonksiyonları bakımından bazı özelliklere sahip olmaktadır. Bu derlemede özel dolaşım alanlarının spesifik özellikleri ve egzersizle ilişkisi hakkında bilgi verilmeye çalışılacaktır.

ABSTRACT

Circulatory system is an important system consisting primarily of heart and vessels. In this system, the heart is located in the center and the vessels form a closed tubing system that leaves the heart and returns to the heart again. The main function of the circulatory system is to ensure that the blood circulates through the vascular system under a certain pressure. Some circulatory regions in the organism have some features in terms of physiological and anatomical functions. In this review, specific features of specific circulation areas and their relationship to exercise will be discussed.

MAKALE BİLGİSİ/ARTICLE INFO

Anahtar Kelimeler: Fizyoloji, Dolaşım Sistemi, Egzersiz
Key Words: Physiology, Circulation System, Exercise

Gönderme Tarihi/Received Date: 22.12.2019
Kabul Tarihi/Accepted Date: 27.12.2019
Yayımlanma Tarihi/Published Online: 31.12.2019

1. Giriş

Organizmada beyin, kalp, akciğer, iskelet kası, deri, karaciğer, böbrekler, dalak, barsak ve lenf gibi bir kesim doku ve organlar fizyolojik ve anatomik fonksiyonları bakımından bazı ayrımlar göstermektedir (Yılmaz 2005).

Fiziksel aktivite ve düzenli egzersiz sağlıklı yaşam için gereklidir (Parker 2010). Egzersiz, iskelet kaslarının kasılması sonucunda üretilen, bazal düzeyin üzerinde enerji harcamayı gerektiren bedensel hareketlerdir (Bolter ve Banister 1986). Egzersiz esnasında, dolaşım sisteminin görevi, aktif dokulara gerekli kanı temin etmektir. Bu sayede doku ve kas, ihtiyacı olan oksijen ve diğer besin maddelerini aldığı gibi metabolik faaliyetler sonucu ortaya çıkan artık maddelerinin de atılması sağlanır. Uzun süren egzersizlerde dolaşım sisteminin ikinci bir görevi de vücut sıcaklığının normal değerler arasında tutmaktır (Hedelin ve ark 2000). Günümüzde birçok hastalığın tedavisinde kullanılan egzersizin, kalp damar hastalıklarının, diabetes mellitus hastalığının, kanser ve birçok hastalığın iyileştirilmesi ve önlenmesinde, obezitenin azaltılması, hipergliseminin önlenmesi, kan lipidlerinin, sistemik kan basıncının düşürülmesi gibi metabolik etkilerinin yanında, dengeyi geliştirmesi gibi genel etkileri de bulunmaktadır (Libonati ve ark 1997).

Organizmada bazı dolaşım alanları morfolojik ve fonksiyonel karakterleri bakımından bazı özellikler göstermektedirler. Bu çalışmada özel dolaşım alanlarının spesifik özellikleri ve egzersizle ilişkisi hakkında bilgi verilmeye çalışılacaktır.

2. Serebral Dolaşım

Beyin damarlarının kendine özgü bazı anatomik özellikleri bulunmaktadır. Arterio-venöz anastomozları bu organda yoktur (Yılmaz 2005). Beyin kan akımının % 90'ı karotid arter, %10'u vertebral arterlerle sağlanmaktadır. Sol karotid ve subklavyen arterler direkt aortadan, sağdakiler ise innominate (brachiosefalik arter) arterden çıkar. Karotid arterler C4 vertebra hizasında eksternal ve internal dallarına ayrılır. Eksternal dal, baş ve yüzün kas ve kemik yapıları ile duramateri beslerken internal dal, beyin içine kan götürmektedir. Subklavyen arterden çıkan vertebral arterler ise spinal kord'un ön kısmı ile beyin arka kısmını kanlandırmaktadır (Bilgin 2005).

Willis poligonu (Willis çemberi) damarsal bir halka oluşturup hipofizin etrafında subaraknoid boşlukta yer alır ve kollateral dolaşımın temelini oluşturur. Anterior komminikan arter karotid dolaşımı birbirine bağlarken posterior komminikan arter karotid ve vertebral dolaşımı

birbirine bağlar (Ganong 1999). Eğer arteriyel akımın yanı sıra Willis poligonundaki akım da yetersiz kalırsa ek kollateral dolaşım gerekir. Ek kollateral dolaşım ise leptomeningial kollateraller, internal ve eksternal karotid arter arasındaki kollateraller ve daha az olarak da meningeal kollaterallerden oluşur (Bilgin 2005).

Beyin, glukoz ve oksijen kaynaklı enerji üreten ve bu enerjiyi elektrofizyolojik işlevleri ve bazal metabolizması için tüketen bir yapıya sahiptir. Beynin enerji ihtiyacı çok olmasına karşın glukoz, glikojen ve oksijen depoları yok denecek kadar azdır. Normal koşullarda açlık ve diyabet olmadığı sürece erişkin beyninin temel metabolik yakıtı glukozdur. Glukoz, kandan beyne GLUT-1 ve GLUT-2 adı verilen glukoz transport proteinleri aracılığı ile kolaylaştırılmış difüzyon yoluyla taşınır. Glukoliz, sitrik asit siklusu ve elektron transport zinciri sonucunda ortaya çıkan enerji beyin metabolik faaliyetleri için kullanılmaktadır (Türkkan 2008).

2.1. Serebral Dolaşım ve Egzersiz

Düzenli yapılan aerobik egzersizin serebrovasküler bütünlüğü sağladığı (bozulmuş serebral dolaşımı tersine çevirdiği); kapiller büyümeyi, dendritik bağlantıları, santral sinir sistemi fonksiyonlarını, hipokampus bağlantılı öğrenme ve belleği geliştirerek kognitif performansı artırdığı gösterilmiştir (Cotman ve Engesser-Cesar 2002, Swain ve ark 2003).

Egzersiz kardiyovasküler, kardiyorespiratuar ve kas-iskelet sistemlerinin yanında sinir sistemi üzerine de olumlu etkiler göstermektedir. Merkezi sinir sisteminde, egzersizin beyin yüksek kortikal ve bilişsel fonksiyonları geliştirdiği iyi bilinmektedir. Deney hayvanı modellerinde egzersizin öğrenme ve bellek performansını artırdığı, nörogezezi desteklediği, sinir sistemini hasarlanmaya ve nörodejeneratif hastalıklara karşı koruduğu gösterilmiştir (Holzhneider ve ark 2012).

Egzersiz beyin üzerindeki etkilerinde egzersizin süresi ve şiddeti önemlidir; ancak doz-bağımlı değildir. Fiziksel uygunluk düzeyinin artırılması, buna bağlı kognitif kazançları daha da fazla artırmamaktadır. Hatta fiziksel uygunluk düzeyindeki küçük artışlar, kognitif fonksiyonlarda çok daha büyük ilerlemelere neden olabilmektedir (Ploughman 2008).

3. Koroner Dolaşım

Kalbin fonksiyonel bakımdan bütünlüğü öncelikli olarak kalp kasının iyi beslenmesine bağlıdır. Sağ ve sol olmak üzere iki koroner arter bulunmaktadır (Berne ve ark 2008).

Sağ Koroner Arter (Arteria Coronaria Cordis Dextra): Aortun başladığı yerde, sigmoid kapaklar hizasından sağ sinus valsalva'dan başlayarak, sulcus coronarius'un sağ parçasında ilerler ve kalbin sağ kenarını çevirerek arka yüze gelmektedir. Arka yüzde sulcus interventricularis dolaris'e girerek burada kalbin ucuna doğru ilerleyen ramus interventricularis'e dalını vermektedir. Sağ koroner arter yolu üzerinde verdiği bir takım inen ve çıkan dallarla sağ vertikülün ön yan yüzünü, sağ atrium'u, sağ vertikülün arka yüzünü ve sol vertikülün septuma yakın arka yüzünü, intervertiküler septumun arka kısmını beslemektedir (Akğün 1988, Noyan 2005).

Sol Koroner Arter (Arteria Coronaria Cordis Sinistra): Aortun kalpten çıktığı yerde sigmoid kapaklar hizasında sol sinus valsalva'dan çıktıktan sonra iki dala ayrılarak ramus descendens anterior ve ramus circumflexus isimlerini alırlar. Bunlardan ramus descendens anterior, sulcus interventricularis ventraliste apex'e doğru ilerleyerek sol ventrikülün ön yüzünü, sağ ventrikülün septuma yakın ön yüzünü, septum interventricularenin ön kısmını, His demetinin sağ kolu ile sol atriyumun ön kısmını beslemektedir. Ramus circumflexus ise sulcus coronariusun sol parçasına giderek horizontal bir şekilde ilerleyerek arkaya geçer ve bir takım dallar verir (Grondin 1996).

Koroner Venler: Kalp kasını besleyen Arteria coronaria cordis dexra ve arteria coronaria cordis sinistra'nın kanını toplayan iki toplardamar bulunmaktadır. Bunlar vena cordis magna ve vena cordis parvadır. Sol koroner arterde bulunan kanın %80 kadarını Vena cordis magna, sinus coronaris'e getirmekte ve sinus coronaris de sağ kulakçığa açılmaktadır. Sağ koroner arterde bulunan kan ise, vena cordis pavra ile sağ kulakçığa dökülmektedir (Guyton ve Hall 2007).

Koroner Anastomozlar (Kalp Ağızlaşmaları): Koroner arterler vücuttaki damarlardan farklılık göstermektedir. Bir koroner arterin kılcal damarlarına, kan ancak kendi atar damar dalı tarafından getirilir, diğer bir atar damardan kol almaz. Koroner arterlerin son dalları, fizyolojik olarak terminal arter durumunda olduğundan büyük bir kolun ani tıkanmasına bağlı olarak işemi ve sonucunda nekroz meydana gelebilir ve bu olaya miyokard enfarktüsü denilmektedir. Bununla beraber koroner arterlerin tıkanmaları yavaş olursa bu bölgede bir anastomoz ağı oluşur ve koroner arter dalı tıkanansa bile miyokard enfarktüsü görülmemektedir. Yani arterler diğer bir arter ile anastomoz yapıyorsa, damarlardan birinin tıkanması durumunda doku beslenmesi devam etmektedir (Yılmaz 2005).

Koroner Kollateral Dolaşım: Normal kalpte bulunan ve kan akımını bozan ciddi bir darlık ya da tam tıkanma geliştiğinde lezyonun distalinde kalan miyokart dokusunun perfüzyon ve canlılığını korumak üzere iskemik miyokart alanına kan akımını sağlamak amacıyla, aynı koroner arterin bölümleri arasında veya farklı koroner arterler arasında kronik, uyum sağlayıcı bir yanıt olarak gelişen potansiyel damarsal yapılar olarak tanımlanmaktadır (Cohen 1978).

Koroner Dolaşım Mekanizması: Miyokard kanın çoğunu diyastolde almaktadır ve diyastoldeki koroner akımı aort içi basınca tabi olmaktadır. Aort içi basıncın herhangi bir şekilde diyastolden düşmesi koroner kan akımının da azalmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle koroner kan akımında diyastolik basınç sistolik basınçtan daha fazla tesir etmektedir. Dakikadaki kalp atım sayısı azaldığında diyastolün uzaması nedeniyle koroner kan akımı artarken, atım sayısı hızlandığında ise koroner kan akımı azalmaktadır (Berne ve ark 2008).

3.1. Koroner Dolaşım ve Egzersiz

Egzersiz yaparken kaslar daha fazla O2 alma ihtiyacı duyar ve kalp daha hızlı kan pompalar. Böylece dolaşım sistemine olumlu etki eder. Damarların gelişmesine olumlu etki eden egzersiz hareketleri kalbin kanı vücudun her tarafına daha kolay pompalamasına katkıda bulunur. Egzersiz sırasında gereken kaloriyi yakıp vücut yağlarını azaltır ve kan basıncına olumlu

etki ederek kalp hastalıkları risklerini önler (Müftüoğlu 2003).

Egzersiz koroner arterler üzerinde de faydalı etkileri vardır. Düzenli egzersizlerin koroner akım rezervini, koroner kollateral dolaşımı, iskemiye karşı toleransı, miyokardiyal kapiller yoğunluğu, ventrikül fibrilasyon eşliğini, epikardiyal koroner arter büyüklüğünü artırdığı belirtilirken, aterosklerozisi, morbiditeyi ve mortaliteyi azalttığı bildirilmiştir. (Lavie ve ark 2009).

Egzersiz kalbin pompaladığı kan miktarını ve koroner kan akımını normalin 4 katı kadar, kalbin oksijen kullanımını 6 kat kadar artırır (Günay ve ark 2010). Egzersizde koroner damarlardan geçen kan miktarı damarların da genişlemesini sağlayarak kalbin her bölümüne daha fazla kan ulaşmasını sağlar. Düzenli aerobik antrenmanlar orta düzeydeki hiper tansiyonda, kan basıncını düşürür. Ancak, şiddetli hipertansiyonda etkisi azdır (Pehlivan 2000).

Amerikan Kalp Derneği akut koroner sendromlardan sonra egzersiz ağırlıklı rehabilitasyon programlarını önermektedir (Roffi ve ark 2016). Son yarım yüzyılda yapılan çalışmalarda fiziksel olarak aktif bireylerde koroner arter hastalıklarının daha az görüldüğü belirlenmiştir (Powell ve ark 1987). Yaşları 63 olan ve hafif-orta şiddette fiziksel aktivite yapan koroner arter hastalarında 5 yıllık izlem sonucunda mortalitenin anlamlı bir şekilde düştüğü gösterilmiştir (Wannamethee 2000).

Egzersiz ve fiziksel aktivitenin aterosklerozu azaltıcı ve geciktirici etkisi bu sonuçta temel etken gibi görünmektedir. Epidemiyolojik çalışmalar, bu ilişkinin egzersiz ve fiziksel aktivite miktarı ile orantılı olduğunu da göstermektedir (Thompson ve ark 2003).

Egzersiz koroner arter hastalığında hastalık ve mortalite üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Her ne kadar tüm çalışmalarda yarar gösterilememiş olsa da ağırlıklı olarak yararlı olduğu, en azından zararlı olmadığı sonucuna varılmaktadır (Thompson ve ark 2003).

Düzenli egzersiz LDL-kolesterolü azaltırken, HDL-kolesterolü artırır. Bu değişim ateroskleroz gelişimindeki azalmayı kısmen açıklar (Powell ve ark 1987). Egzersizin koroner aterosklerozun önemli bir belirteci olan trigliserit, yüksek dansiteli lipoprotein kolesterol oranını düşürdüğü bildirilmektedir (Karakılçık ve ark 2013).

Egzersiz sırasında kalp debisi ve arteryel dallardaki koroner kan akımı artmaktadır. Egzersizin normal şartlarda ilkel kolateral kanalların gelişimi üzerine etkisi yoktur. Egzersizin darlık öncesi damar segmentinde kan akım hızını artırması sonucu, darlık öncesi ve sonrası segmentler arasında türbülans akım ve basınç farkı oluşmaktadır. Böylelikle, kan akımı koroner kolateral öncülleri olan anastomotik kanallara doğru yönelmektedir (Çelik ve ark 2010).

4. Pulmoner Dolaşım

Sağ karıncık kasılarak içindeki kanı akciğere göndermek üzere Truncus pulmonalis denilen büyük bir damara pompalar. Uzunluğu 5 cm. olan bu damar daha sonra iki dala ayrılır. Bu dallardan biri sağ akciğere, diğeri de sol akciğere gider. Truncus

pulmonalis'ten ayrılan bu damarlar (Arteria pulmonalis), kalbin sağ vertikülüsünden akciğerlere pompalanan kirli kanı taşımaktadırlar. Sağ ve sol pulmoner arterler ilgili oldukları akciğerlerin Hilus denilen giriş-çıkış kapısından geçip akciğerlere girerek kılcal damarlara ayrılmaktadırlar. Bu kılcal damarlar hava kesecikleri duvarlarının içine dağılmışlardır. Kılcal damarlara ulaştırılan kandaki karbondioksit alveollerde atılmakta ve alveollerdeki oksijen alınarak kan temizlenmektedir. Kılcal damarlar düzeyinde temizlenen kan, toplardamarlara boşaltılır (Bozdoğan 2000).

Temizlenmiş kan taşıyan toplardamarlar, birbirleriyle birleşerek büyürler ve sayıları 5-8 arasında değişen akciğer toplardamarlarını (Vena pulmonalisler) oluşturmaktadırlar. Bu iki büyük toplardamarın her birine Vena pulmonalislere denilmektedir. Sağ ve sol akciğerden gelen vena pulmonalisler temiz kanı birbirlerinden ayrı olarak sol atriuma (sol kulakçık) boşaltılmaktadır. Dolaşımın sağ karıncıktan sol kulakçığa kadar olan bölümüne "akciğer dolaşımı" ya da "küçük kan dolaşımı" denilmektedir (Sarsılmaz 2010). Akciğer dolaşımında kan, büyük dolaşıma göre daha az direnç gösteren ve daha hızlı genişleyebilen sistemde akmaktadır. İşte bu nedenle akciğer dolaşımında arteriyel tarafta daha düşük ve venöz tarafta ise daha yüksek basınç olmaktadır. Akciğer atardamar basıncı inspirasyonda düşmekte, ekspirasyonda ise yükselmektedir (Yılmaz 2005).

Akciğer damarlarının vazokonstriksiyonu pek gelişmemiştir. Akciğere gelen vazomotor sinirlerin akciğerin çevresel direncinin ayarlanmasından çok, genellikle akciğer damar yatağının kapasitesinin düzenlenmesi ile ilgili olduğu tahmin edilmektedir (Akgün 1988).

4.1. Pulmoner Dolaşım ve Egzersiz

Özellikle yüksek şiddetteki fiziksel aktiviteler sırasında kalp debisinde görülen artışın, eşzamanlı olarak pulmoner dolaşım hacmini de artırmasıdır. Pulmoner dolaşım sisteminde meydana gelen bu değişiklik alveolo-kapiller membrandan eritrositlerin geçiş süresini kısaltmanın yanı sıra pulmoner damar ağının kan basıncını da artırmaktadır (Kurdak 2012).

Pulmoner arter içine yerleştirilen bir kateter aracılığıyla yapılan ölçümlerde, pulmoner damar ağı içindeki kan basıncının dinlenme durumunda yaklaşık 12 mmHg olduğu, maksimal egzersiz sırasında ise yaklaşık 2 kat artabileceği belirlenmiştir. Diğer yandan bu basınç değeri iyi sporcularda yaklaşık 40 mmHg olarak ölçülmüştür (Kurdak 2012).

Egzersiz sırasında ventilasyon, kardiyak output, sistemik ve pulmoner kan akımının birbirleriyle uyumlu etkileşimleri sonucunda; iskelet kaslarının metabolik ihtiyacının karşılanması gerekir. İskelet kaslarının metabolizma hızı ağır egzersiz sırasında istirahate göre yaklaşık 50 kat artış gösterdiği bildirilmektedir (Wasserman ve ark 2011).

Egzersizde dakika ventilasyonu solunum sayısı artışıyla birlikte lineer bir biçimde artış gösterir. Yaklaşık olarak 10 kat artar. Ventilasyonun pulmoner kan akımına göre daha fazla artması sonucunda toplam alveoler ventilasyon kan akımı oranı artış gösterdiğini bildirilmektedir (Roca ve ark 2012).

5. İskelet Kası Dolaşımı

Oldukça geniş bir alana sahip kasların beslenmesi, ihtiyaçlarının karşılanması ve oluşan atıkların uzaklaştırılmasında damarlar ve kan önemli role sahiptir (Aktümsek 2010). İskelet kasında kan akım hızı direkt olarak, dokunun kasılma durumu ile kasın tipine göre değişmektedir. Kırmızı kasta kan akımı ve kapiller dansite, beyaz kasta daha fazladır. Dinlenme halinde iskelet kaslarında kılcal damarların ancak %3'ü açıktır ve arterioller, otonom sinir sistemine bağlı olmaksızın kuvvetli bir tonusla daralmış durumdadır. Ağır çalışmalarda tümü açılarak, kan akımı büyük oranda artmaktadır (Yılmaz 2005).

İskelet kaslarındaki kan akımının ayarlanmasında sinirsel faktörlerinde rolü bulunmaktadır. Beyinde, hareketleri yöneten motor merkezlerden çıkan uyarımlar, geçişler sırasında; motor merkezlerin yanında bulunan vazodilatör merkezleri de harekete geçirerek damarları genişletmektedirler. Sinirsel mekanizmadan sonra lokal faktörler ile ilgili vazodilatasyon kendisini göstermektedir (Guyton ve Hall 2007).

5.1. İskelet Kası Dolaşımı ve Egzersiz

Damarların genişlemesi ve kan akımının düzenlenmesinde oksijenin etkisi büyüktür. Egzersiz sırasında, oksijen kullanılır ve azalan oksijen azlığı damarların genişlemesine ve kan akımının artmasına neden olmaktadır (Berne ve ark 2008). Ayrıca metabolizma hızının artışı sonucu çalışan kaslarda ATP meydana gelmekte ve karbondioksit artışına bağlı yerel damar genişlemesinde etkili olmaktadır. Egzersiz kas liflerindeki mitokondrilere oksijen taşıma yanında, oksijen kullanan metabolizma organının kapasitesini artırmaktadır (Akgün 1989).

Lokal faktörde ise kas dokuda bulunan ve sinir sisteminden bağımsız olarak çalışan, yerel kendi kendini düzenleme sistemi harekete geçerek damarların genişlemesi bütün kas çalışması süresince devam etmektedir. Bu nedenle kasların sempatik vazodilatör sinirleri, çalışan kasa ilk anda kan temininde çok önemli bir rol üstlenmektedir (Günay ve ark 2010).

Kassal çalışma sırasında birçok sinirsel refleks mekanizmalarla arteriyel kan basıncı artmakta, normale göre basınç %50-70'e kadar çıkabilmektedir. Bu da aktif dokudan fazla kan geçmesine yardımcı olmaktadır. Kassal çalışmada kalbin dakika volümü de artmaktadır. Sempatik merkezlerin kassal aktivitede uyarılmış olması sonucu kan depo organları kanlarını dolaşıma verirler, orta basınç artarak venöz dönüş çoğalmaktadır (Akgün 1989).

6. Deri Dolaşımı

Deride yapıları birbirinden farklı iki ayrı tipte damar sistemi bulunmaktadır. Bunların bir bölümü rutin olarak beslenme ile ilgili arterler, kapiller ve venlerden oluşmaktadır. Diğer damarlar ise fiziksel ısı kaybını azaltıp çoğaltarak beden ısısının değişmez tutulmasına yardımcı olan deri altı subpapiller venöz pleksuslar ve arterio-venöz anastomozlardan oluşmaktadır. Pleksuslar, arterio-venöz anastomozlarla büyük ve küçük arterlere bağlanarak kanın kılcal damarlara uğramadan venöz

plesuslara geçişi sağlamaktadırlar. Pleksuslar az da olsa bir miktar kanın deride depo edilmesini de sağlamaktadırlar (James ve ark 2011).

Deri dolaşımının başlıca fonksiyonunun vücut ısısını sabit bir şekilde tutmak olduğu söylenilebilir. Isıyı düzenleyen ve derinin ısınmasını sağlayan damarlar, beslenme görevini yapan damarlardan on kat daha fazla bulunmaktadır. Arterio-venöz anastomozlar, soğukla en fazla karşılaşılan yerlerde avuçta, ayak tabanında, dudaklarda, burunda, kulaklarda bulunmaktadır (Morhman ve Heller 2010).

Deri, organizmada kan akımı en değişken olan yerdir. Beslenme ile ilgili kan akımı az, fakat oldukça sabit olduğu halde ısı regülasyonu ile ilgili kan akımı hem çok fazla hem de çok değişken olmaktadır. Venöz pleksuslar, kuvvetli kas lifleriyle donatılmışlardır. Sempatik sinirlerle yönetilen kas liflerinin kasılıp, gevşemesinde damarlar daralıp genişleyerek deri yoluyla ısı kaybı ayarlanmaktadır (Berne ve ark 2008, Morhman ve Heller 2010).

Isı düzenlemesiyle ilgili sinirler hipotalamus'un ön tarafındaki ısı düzenleme merkezi tarafından kontrol edilmektedir. Bu hipotalamik merkez vücut ısı değişikliklerine karşı derideki kan akımını sempatik vazokonstriktör mekanizma ve sempatik vazodilatör mekanizma tarafından kontrol etmektedir (Hodges ve Johnson 2009).

6.1. Deri Dolaşımı ve Egzersiz

Egzersiz; vücut suyunun termoregülasyonu sağlamadaki görevinden ötürü, sıvı dengesinin sağlanmasını olumsuz yönde etkilemektedir. Egzersiz sonucunda vücut ısısında artış meydana gelir, terleme ve terle atılan suyun buharlaşmasıyla vücut artan bu ısıyı düşürür ve vücut ısısının dengede tutulmasını sağlar bu sırada vücut sıvı dengesi bozulur (Cheuvront ve ark 2012).

Egzersiz sırasında, enerjinin ısı olarak serbest bırakılması, vücut iç sıcaklığının artışı ile iç sıcaklık ve deri sıcaklığı arasında ısı değişimi meydana getirmektedir. Bu yüzden ısı dengesinin sağlanabilmesi amacı ile deriye olan kan akışı artmaktadır (Wendt ve ark 2007). Egzersiz sırasında aktif kaslara olan kan akışı ile deriye olan kan akışı arasında adeta bir yarış söz konusudur ve bu yarış, deri kan akışının daha yüksek vücut iç sıcaklığına sebebiyet vermesi ile sonuçlanır. Sıcak ortamda yapılan egzersiz sırasında, vücut iç sıcaklığı devamlı olarak artmaya devam eder ve yaklaşık olarak 38 °C'ye ulaştığı zaman, deri kan akışı üst limitine ulaşır. Bu durum, egzersiz sırasında deri kan akışının azalmasının nedenleri arasında gösterilmektedir (Gonzalez-Alonso ve ark 1999). Aktif kaslar, kassal aktivite ihtiyacı için ATP sentezine, dolayısıyla kan akışı ve oksijene ihtiyaç duyar. Diğer yandan ise deriye olan kan akışı ısı ayarının yapılabilmesi için gereklidir (Rowell ve ark 1969).

Sıcak ortamda, istirahat halinde iken kalp debisi ve kalp hızı yükselir, periferik arteriyoller ve venler dilate olur. Sıcakta kalp debisinin %15-25'i deri kan akımına kayar ve özellikle el, alın, ön kol, kulak ve tibial bölgeden ısı dağılımı meydana gelmektedir (Pilcher ve ark 2002). Sıcak ortamda yapılan ağır egzersizde (%80 VO₂ maks. ve üzeri), rektal ısı 38-39 °C'ye yükselir. Kardiyovasküler sistem, iş yapan kasların oksijenden zengin kan akımını korurken, aynı zamanda kalp dakika

hacminin büyük bir kısmını ısı dağılımını sağlamak amacıyla deri ye transfer eder. Deriye giden kan akımı %80-95 artar. Kardiyovasküler sistem, kasların kan akımı ve deri kan akımı ihtiyacını sağlamaya çalışır. Çevre ısısının yükselmesi ile paralel kalp dakika hacminin büyük bir kısmının deride göllenmesi ile kalbe dönen kan miktarı (venöz dönüş) azalır (Erdoğan ve ark 2012; Hasegawa ve ark 2006).

Egzersiz veya sıcak stresi ile ter oranı artar, ter salgısının artması nedeniyle daha az iyon geri emilerek daha fazla iyon kaybı oluşur. Bu yüzden terin sodyum içeriği, terleme oranından büyük ölçüde etkilenmektedir. Terleme için asıl uyarıcı vücut iç sıcaklığı olmasına rağmen, ortalama deri sıcaklığı da terleme oranını değiştirebilir (Lorenzo 2010).

Soğuk ortamda yapılan egzersizler esnasında vücutta fizyolojik ve davranışsal olarak bir takım değişiklikler oluşmaktadır. Deri damarları ısı kaybını azaltmak için fizyolojik olarak vazokonstriksiyona uğramakta, kaslar istemsiz olarak titreme ile ısı oluşumunu artırmaktadır. Isı kaybını azaltan etmenlerden biriside terlemenin azalması ve derideki piloerekör kasların kasılması olarak gösterilebilir (Ergen 1992). Ayrıca oluşan bu fizyolojik ve davranışsal değişikliklerin yanı sıra vücutta soğuk ortama adaptasyon gelişir. Vücutta izolasyon artırıcı tüyler artar ve soğuğa tolerans gelişir. Soğuk ortamda yapılan egzersizlerin getireceği en büyük problemler hipotermi ile başlar. Fiziksel aktivitenin yapıldığı ortamın ısısının düşük, neminin yüksek ve ortamın rüzgârlı oluşu hipodermi riskini artırmaktadır (Ünal 2002).

7. Karaciğer Dolaşımı

Karaciğer depo organı olarak da görev yapan ve dolaşım yönünden ayırım gösteren bir organdır. Vücutta her organ yalnız arteriyel sistemden kan temin ettiği halde karaciğer iki sistemden kan almaktadır. Arteriyel sistemden arteria hepatica, portal sistemden ise vena porta kan almaktadır. Bu iki damarda karaciğer dokusu içinde kılcal damarlara ayrılır ve son uçları birbirleriyle birleşerek vena hepatica olarak organdan ayrılmaktadır (Akgün 1988).

Karaciğer arterleri, vena porta ile karaciğer içinde dallara ayrılarak ilerler ve sinüoitlerde sonlanır. Bu damarların kanıda vena centraliste toplanmaktadır. Ayrıca, karaciğer arterlerinden çıkan kollar portal kan damarlarına, safra kanalları duvarlarına, glisson kapsülüne ve bağ dokusuna dallar vermektedir (Granit 2015).

Vena porta, karaciğere girdikten sonra birçok dallara ayrılarak lopçukların çevresinde periportal kılcal damar ağlarını ve sinüoitleri yaparlar. Kılcal damar ağları, artera hepatica kılcalları ile birleşirler. Periportal kılcal damarlardan oluşan sinüoitler birleşerek santral venler daha sonra sublobüler venlere, bunlarda suprahepatik vene ve v.cava caudalise açılarak v.portadaki kan boşaltılmış olur (Noyan 2005).

Sinüoitlerin duvarı çok ince ve geçirgendir. Vena porta ve karaciğerden gelen kan, karaciğer hücreleriyle çok yakın temas halindedir. Böylece gerekli maddeler kandan alınarak depo edilmekte ve karaciğerde oluşan maddelerde (protrombin, fibrinojen vs.) sentez edilerek kana verilmektedir (Ganong 1999).

Karaciğerdeki kan akımı sindirime bağlıdır ve besinlerin emiliminden sonra kan akımı %100 oranında artabilmektedir. Portal venöz basıncın düşük, hepatik venöz basıncın yüksek olması, karaciğerin kan akımına karşı direncinin çok az olmasından kaynaklanmaktadır. Normal durumda karaciğer hücreleri oksijen gereksiniminin büyük kısmını v.portadan sağlamaktadır. Yemek yenilmesinden sonra bağırsakların oksijen kullanması artar ve v.portada oksijen doymuşluğu azalır. Bu sırada karaciğer arterlerinde kan akımı üç - dört katına çıkarak karaciğerin oksijen gereksinimini karşılar (Yılmaz 2005).

Sempatik sinirler, portal venöz ve hepatik arteriyel sistemlerdeki presinüsoidal damarlarını daraltırlar. Bununla beraber venöz kılcal damarlar üzerindeki sinirsel etki daha önemlidir (Berne 2008).

Karaciğerde olan kan dolaşımı, sistemik dolaşımdaki hormon düzeyi üzerine etkilidir. Örneğin şiddetli kanamalar karaciğerde kan akışını azaltmaktadır bu da kanda aldosteron düzeyinin ve ADH'nın yükselmesine sebep olur. Çünkü bu hormonlar karaciğerden bir tek geçişlerinde tamamen dolaşımdan uzaklaştırılır (Bozdoğan 2000).

7.1. Karaciğer Dolaşımı ve Egzersiz

Düzenli, uzun süreli ve orta şiddette yapılan aerobik egzersizlerin, total kolesterol, düşük dansiteli lipoprotein-kolesterol (LDL-K) ve trigliserid (TG) gibi plazma lipid düzeylerini azalttığı, yüksek dansiteli lipoprotein-kolesterol (HDL-K) düzeylerini ise arttırdığı birçok çalışmada gösterilmiştir (Koçyiğit ve ark 2011).

Bazı çalışmalarda katılımcı sporcuların plazma lipid profilleri ölçülmüş ve 6 ay veya 3 yıl gibi belirli süre sonrasında tekrar değerlendirilerek sporcuların lipid profillerindeki olumlu değişimler bildirilmiştir (Tsopanakis ve ark 1986). Bazı çalışmalarda ise aerobik egzersize maruz kalan sporcuların daha yüksek total kolesterol, LDL-K ve TG düzeylerine sahip oldukları bildirilmiştir (Khanna ve Manna 2006).

Egzersiz şiddeti ve süresindeki artış, genel olarak ALT ve AST düzeylerini arttırdığı bilinmektedir (Rosmarin ve ark 1993). Dayanıklılık sporlarında egzersizin süresine göre karaciğer enzim değerleri farklılık göstermektedir. Maraton koşusu yapan atletlerde müsabaka sonrası GGT ve AST değerlerinde artış olduğunu görülürken, yarışmadan 6 saat sonra GGT değerlerinde azalma, AST değerlerinde ise 24 saat sonra bile yükselme olduğu bildirilmiştir (Çakmakçı ve Pulur 2008).

Yoğun antrenman programının uygulandığı elit seviyedeki güreşçilerin müsabaka sonrası HDL, LDL ve total kolesterol düzeyleri, egzersiz öncesi düzeylerine göre anlamlı olarak artış gösterdiği bildirilmektedir (Kaynar ve ark 2015). 5 haftalık submaksimal egzersiz sonrası total kolesterol, LDL-K ve TG değerlerinde azalma, HDL-K düzeylerinde ise artış görüldüğü bildirilmiştir (Şekeroğlu ve ark 1997).

8. Renal Dolaşım

Böbrekler, abdominal aortanın dalı olan renal arterden

zengin kan alır. Hiluma girmeden önce, renal arter önce anterior ve posterior olmak üzere ikiye; ardından beş segmental artere dallanır. Segmental arterler, diğer segmental arterlerle anastomoz yapmazlar. Segmental arterler lobar arterlere dallanır. Lobar arterler, renal piramitler arasında kortikomedullar kavşağa doğru akan 2-3 kadar interlobar artere dallanır. Kortikomedullar kavşakta bu arterler arkuat arterleri oluştururlar (Karabiyik ve İnan 2012).

Terminal dallar, diğer arkuat arter dalları gibi kortekse çıkarak interlobular arterleri oluşturur. İnterlobular arterler, kortikal labirentlerde komşu medullar ışınlar arasında yaklaşık olarak yolun yarısına kadar çıkarlar. İki lobül arasında yol alırlar. İnterlobular arterlerden bir çok dal ayrılır. Bu dallar böbrek cisimciğinin glomerüllerini kanlandıran afferent glomerular arteriyollerdir. İnterlobular arteriyollerin bir kısmı korteks içinden yükselerek kapsülü deler ve kapsül pleksusun oluşumuna katılırlar. İnterlobular arterlerin çoğu afferent glomerular arteriyoller olarak sonlanırlar (Guyton ve Hall 2007).

Her glomerül, efferent glomerular arteriyole drene olur. Juktamedullar nefronların glomerüllerine ve kortikal nefronların glomerüllerine drene olan 2 tip efferent glomerular arteriyol vardır. Kortikal nefronların efferent glomerular arteriyolleri kısadır ve peritübüller kapiller şebekeyi oluşturmak üzere dallanırlar. Bu kapiller yatak, glomerüller hariç tüm kortikal labirenti kanlandırır. Peritübüller kapiller şebekenin endotel hücreleri eritropoietin hormonunu sentezler ve salgırlar (Klahr 1988).

Vena recta, kanı arkuat venlere aktarır. Kan medulladan drene olur. Korteksteki kan yıldız biçimli subkapsüler ven sistemi olan ve interlobüler venlerin dalları olan stellat venlerde toplanır. İnterlobüler arterler efferent glomerular arteriyolden de kan alırlar. Aynı adlı arterlere paralel olan interlobüler venler kanlarını arkuat venlere taşırlar. Yani, arkuat venler hem medullaya hem de kortekse drene olurlar. Arkuat venler, interlobüler venlerin dallarıdır ve hilum yakınında birleşerek renal veni oluştururlar. Bu ven kanı vena cava inferiora aktarır (Cogan 1991).

8.1. Renal Dolaşım ve Egzersiz

Splanknik sistem içinde yer alan, kan dolaşımının bir parçası olan böbrekler, egzersiz sırasında kan dolaşımını etkileyebilmektedir. Ayrıca hormonların salınımını artırarak kardiyovasküler sistem üzerinde önemli bir role sahip olabilirler. Egzersiz sırasında su ve tuzun renal boşalımındaki değişiklikler son derece önemlidir (Günay ve ark 2017).

Diyaliz sırasında egzersiz yapan ile yapmayan hastaların incelendiği çalışmalarda; egzersiz yapan hastaların egzersiz yapmayan hastalara göre serum fosfat ve serum potasyum seviyelerinde önemli düzelme olduğu görülmüştür (Vaithilingham ve ark 2004).

Egzersiz ve konvülsiyon esnasında geçici hipernatremi (serum Na+konsantrasyonu 10-15 mEq/L yükselir) görülür. Bunun nedeni intrasellüler osmolalite artışı sonucu hücre dışından hücre içine su geçişi olduğu tahmin edilmektedir. Bu

durumla birlikte laktik asidoz da sık görülmektedir. Enerji kaybı esnasında glikojen laktat büyüklüğünde küçük moleküllere parçalanarak hücre içi osmolalitenin artmasına neden olduğu bildirilmektedir (Reynolds ve ark 2006).

Egzersiz uygulanan hemodiyaliz hastalarında egzersizin peak oksijen tüketimi, sol ventrikul kas indeksi, kardiyak output ve stroke volüm indeksini düzelttiğini, kas gücünü artırdığını, sistolik kan basıncı değerlerini, kan şekerini azalttığı, HDL kolesterolü artırdığını, VLDL ve trigliserit düzeylerini azalttığını, diyaliz yeterliliğini düzelttiğini, yaşam kalitesini artırdığını bildirmiştir (Cheema ve ark 2005).

9. Dalak Dolaşımı

Dalak atardamarından (arteria lienalis) aldığı kanı dalak toplardamarı (vena linealis) aracılığıyla kanı toplardamarına boşaltmaktadır. Dalak yaklaşık 2 mm kalınlığında fibroelastik bağ dokusundan oluşan sağlam bir kılıfla sarılı olup, bu kılıf organın içine birçok uzantılar gönderir. Bu uzantılar sayesinde dalak içinde birbiriyle bağlantılı birçok odacık (terbecula) oluşur ve bu yapıyla dalak bir sünger andırmaktadır. Atardamarlar iç zarları izleyerek ilerlerken çapları da giderek küçülmektedir. Bu bağ dokusu zarları ile çevrilmiş odacıkların içinde yer alan asıl dalak dokusunda çıplak gözle de görülebilen iki ana yapı; beyaz pulpa ve kırmızı pulpa bulunmaktadır. Beyaz pulpa 1-2 mm çapında, grimsi renkte küçük nodüler yapılardan (Malpighi cisimcikleri) oluşmaktadır. Organın büyük bölümünü oluşturan kırmızı pulpa ise içi kanla dolu, ince duvarlı geniş damarlanma alanlarından (dalak sinüzoidleri) oluşmaktadır (Kierszenbaum 2006; Noyan 2005).

Dalak atardamarlarının organ içinde ilerlediğinde oluşan arteriyoller sinüzoidlere açılır. Sinüzoidlerin aralarında, çevresi yoğun ağısı bağ dokusu lifleri ile sarılı makrofajlar bulunmaktadır. Bunlar; dokuların içinde bulunan ve bu bölgenin yabancı ve zararlı etkenlere karşı korunmasını ve artıkların uzaklaştırılmasını sağlayan akyuvar kökenli hücrelerdir. Sinüzoidlerin dışında yer alan bu hücreler Billroth kordonu adı verilen yapıyı oluşturur. Sinüzoidlerin duvarlarında penceremsi yapıların bulunması sayesinde kan, sinüzoidlerden kordonlara geçebilmekte ve burada bulunan makrofajlar fagositoz (yutucu) işlevlerini yerine getirerek, kanın içinde bulunan olası mikroorganizma, hücre artıkları ve benzeri maddeleri kandan uzaklaştırabilmektedirler (Sayek 1994).

Dalak büyük miktarda kanı gerekli hallerde yeniden dolaşıma vermek üzere depolayabilme özelliğine sahiptir. Dalak içinde lenfosit yapımı gerçekleşmekte, ayrıca embriyonel ve dölütsel yaşam sırasında bu organ alyuvar ve granuloza yapımını sağlamaktadır. Dalak, hasar görmüş ya da yaşam süresi dolmuş yaşlı hücrelerin (bunlar arasından da özellikle alyuvarların) dolaşımdan uzaklaştırılmasından da sorumludur. İçerdiği histiyosit miktarının fazlalığı yüzünden dalak fagositoz olaylarının en yoğun olarak görüldüğü ve kanın arındırıldığı yerlerden biridir. Bu fagositoz işlemleri sayesinde kanda bulunan hücre artıkları ve parçalanma ürünleri, lipid yapısında çeşitli maddeler, mikroorganizmalar, asalaklar vb. maddeler kandan uzaklaştırılmaktadır (Akgün 1988; Noyan 2005)

9.1. Dalak Dolaşımı ve Egzersiz

Şiddetli egzersiz sırasında dalakta kan volümü eşiğinin %54 oranında azaldığı belirtilmektedir. Splanknik organlarındaki kan volümündeki azalma, egzersiz şiddetinin artışına göre derecelendirilmiştir. Ayrıca dalağa giden kan volümünün azalması egzersiz sırasında kanın koyulaşmasına alternatif bir mekanizma olarak gösterilebileceği belirtilmektedir (Günay ve ark 2017).

Dalak egzersiz, kan kaybı ve hipoksi gibi durumlarda gerektiğinde büzülerek genel dolaşıma oksijenden zengin hematokrit değeri yüksek kan vermektedir (Yılmaz 2005).

Egzersiz, sitotoksik immün hücreler, yani Natural Killer (NK) ve T lenfositleri, egzersiz performansı sırasında strese bağlı kayma gerilimi ve adrenerjik sinyalleşme yoluyla dolaşımda mobilize edildiğinden hücresel bağışıklık sistemi üzerinde doğrudan etkileri vardır (Idorn ve Hojman 2016).

Egzersiz ile immun sistem arasında sıkı bir etkileşim mevcuttur. Ağır egzersiz immun sistem üzerinde baskılayıcı etkiye sahip iken düzenli orta şiddette egzersizin immuniteye olumlu etkileri olduğu bildirilmektedir (Atlı ve ark 2006).

10. Barsak Dolaşımı

Mezenter barsakların karın arka duvarına tutunmasını, karın içinde bir arada durmasını ve birbirine dolaşmasını engelleyen, yelpaze şeklinde, kalın bir zardan oluşan ve içinde ince ve kalın barsağın atar damar, toplardamar, sinir ve lenf bezlerinin yer aldığı yapıdır. Barsaklarda üç ana arter tarafından kan dolaşımı sağlanmaktadır. Bunlar; Çölyak arter, superior mezenterik arter ve inferior mezenterik arterdir. Bu üç arter damar aort'tan dal almaktadır (Çimen 1994).

Çölyak Arter; Diyaframa kruslarının arasından geçtikten sonra, hepatic arter, splenic arter ve sol gastrik arter olmak üzere üç ana dala ayrılır. Çölyak arter, ön barsak (foregut) bölümünün beslenmesinden sorumludur (Çemen 1994).

Süperior Mezenterik Arter; En geniş aort dalıdır ve kalp debisinin %10'unu taşımaktadır. Çölyak arterin 1 cm distalinden, aortanın ön yüzünden, 45 derecelik bir açıyla çıkar ve mezenter yaprakları arasında sağ fossa iliakaya kadar iner ve çapı giderek daralır. Superior mezenterik arter, orta barsak (midgut) bölümünün beslenmesinden sorumludur (O'Mara ve Ernst 1986).

Inferior Mezenterik Arter; Distal transvers kolondan başlayıp splenic fleksura, inen kolon, sigmoid ve rektumu içine alan arka barsak (hindgut) bölümünün arteriyel dolaşımından sorumlu olan inferior mezenterik arter, üç ana arterin en ince olanıdır (Törüner 2004).

Venöz Sistem; Barsakların venleri genellikle arterlere paralel seyrederek. Inferior mezenterik ven, genellikle splenic vene dökülür, splenic ven ise süperior mezenterik venle birleşerek portal veni oluşturmaktadır. Portal ven midenin koroner venlerini alarak karaciğer içine girer, karaciğerden çıkan hepatic ven ise Vena kava inferiora açılır. Küçük mezenterik arterler gastrointestinal yolun submukozasında geniş vasküler anastomozlar oluştururlar. Arteriyel dallar,

sistemin uzunlamasına ve dairesel kas tabakalarını delerek, üçüncü ve dördüncü sıra arteriyollere ayrışır (Dilege 2002).

Barsak dolaşımının sinirsel kontrolü çoğunlukla sempattır. Artmış sempatik aktivite mezenterik arterleri ve kapasitans damarları konstrikt eder. Bu yanıtlar, barsak dolaşımında baskın olan α -adrenerjik reseptörler tarafından yönetilirken; bununla birlikte β -adrenerjik reseptörlerde bulunmaktadır (Berne ve ark 2008).

Besin alımı barsak kan akımını arttırmaktadır. Belirli gastrointestinal hormonların sekresyonu kan akımına katkıda bulunur. Besin alındığı zaman salınan gastrin ve kolesistokinin barsak kan akımını arttırmaktadır. Besin emilimi de barsak kan akımını etkilemektedir (Berne ve ark 2008).

10.1. Barsak Dolaşımı ve Egzersiz

Egzersiz barsak hareketlerini arttırarak gastrointestinal geçiş zamanını ve barsak mukozasının potansiyel karsinojenik maddelerle temas süresini kısaltabilir, kolon hücre çoğalmasını baskılayan PGF düzeyini arttırıp hücre çoğalmasını uyaran PGE2 salınımını engelleyebilir. Böylece kolon kanseri riskinin azalmasını sağlayabilir (Quadriatero ve Hoffman-Goetz 2003).

Barsak mikrobiyotası; hormonal nitelikte çeşitli sinyal molekülleri üreterek, kan dolaşımı ile vücudun farklı bölgelerine ulaşabilen mikroorganizma kümeleridir. Mikrobiyota günümüzde birçok hastalıkla ilişkilendirilen güncel sağlık konularından birisidir. Mikrobiyotanın, egzersiz dâhil olmak üzere, çeşitli çevresel koşullar (beslenme, egzersiz, stres, doğum şekli) tarafından düzenlendiğine ait günümüzde giderek artan kanıta dayalı bilgiler vardır. Son yıllarda ise, mikrobiyotanın egzersiz performansını olumlu etkilediği belirtilmektedir. Özellikle egzersiz süresinin uzun ve yoğun olduğu dayanıklılık sporlarında sporcunun sağlıklı mikrobiyotaya sahip olmasının, enerji metabolizması, oksidatif stres ve hidrasyon durumu gibi kritik öneme sahip metabolizmaları olumlu etkilediği bildirilmiştir. Aynı zamanda, yorucu ve uzun süreli egzersize bağlı sporcuların sıklıkla yaşadıkları immün sistem baskılanmasında da iyileştirici etkilerinin olduğu belirtilmiştir. Bu şekilde sporcuların üst solunum yolu enfeksiyonu ve gastrointestinal sistem rahatsızlıklarının sıklık ve süresini azalttığına dair kuvvetli bilimsel veriler bulunmaktadır (Ersoy ve Ersoy 2019).

Dayanıklılık egzersizlerinde bağışıklık yanıtını değiştiren diğer yol; inflamatuvar immün yanıtı uyaran barsak mukoza kalınlığının bozulması, gastrointestinal epitel duvarının geçirgenliğinin artması, dokularda oluşan hipertermi sonucu azalan kan akışı, oksijen ve taşınan besin öğelerinin azalmasıdır. Geçirgen barsak olarak adlandırılan bu durum, patojenler veya endotoksinlerin barsak bariyerinden, kan dolaşımına geçerek, bağışıklık sisteminin mikrobiyotik dengesinin bozulmasına neden olan endotoksemiye yol açabilir (Ersoy ve Ersoy 2019).

Sağlıklı kişilerde, kom-mensal bakterilerin (konakçı üzerinde veya içinde yaşayan, ancak konakçısına zarar vermeyen organizmalar) portal ven yoluyla karaciğere erişemediği, kan endotel hücreleri boyunca translokasyona tabi tutulan antijenleri kontrol eden barsak-vasküler bariyerin varlığı nedeniyle dalağa ulaşamadığı gösterilmiştir. Barsak-

vasküler bariyerinin yüksek şiddette yapılan egzersizlerle tehlikeye girip girmediği henüz bilinmemektedir (Mach ve Botella 2017).

Aşırı yapılan egzersizin neden olduğu intestinal geçirgenliğin artmasının, serum endotoksitesini artırdığını gösteren bir çalışmada, endotoksin olan lipopo-lisakkarit düzeyleri triatlondan önce, hemen sonra ve 1, 2, 16 saat sonra, 29 sporcudan alınan kan örneklerinde bakılmıştır. Yüksek şiddette egzersizler sonrasında, barsak geçirgenliğinde bir artış olduğu anlamına gelen lipopolisakkarit düzeylerinde egzersizden hemen sonra artış saptanmış, yarıştan 1 saat sonra ise daha yüksek bulunmuştur. Yarıştan 1 saat sonra sporcuların %68'inde endotoksemi görüldüğü bildirilmiştir (Jeukendrup ve ark 2000).

11. Lenf Dolaşımı

Kılcal damarların arteriyel kısımlarından dokular arası sıvıya çıkan su ve suda eriyen maddelerin birçoğu kapillerin venöz kısmından tekrar kan dolaşımına dönmeden dokular arası boşluklarda bulunan kapalı diğer bir kanal sistemine filtre olurlar. Dokular arası sıvıyı drene eden (toplayan) bu kapalı kanallara lenf damarları ve içindeki sıvıya da lenf adı verilmektedir (Rovenska ve Rovenski 2011; Tourani ve ark 2014).

Başlangıçta kapiller halinde bulunan lenf damarları periferden kalbe yaklaştıkça aralarında birleşe birleşe daha büyük damar yaparlar. *Dustus Thoracicus* ve *Truncus Dexter* adlarındaki iki büyük lenf damarları halinde sağ ve sol Vena *Subclavia*'ya dökülerek genel kan dolaşımına karışmış olurlar. Lenf kılcal damarları, kan kılcal damarları gibi dokular arası mesafelerde ağlar yaparlar ve bu ağların aralıklarında doku hücreleri bulunmaktadır. Duvarları endotelden yapılıdır. Yalnız kan kılcal damarlarına göre daha geçirgendirler. Kan kılcal damarlarından zorlukla geçen büyük moleküller (protein gibi), lenf kapillerine kolaylıkla girmektedirler (Miller ve Newberry 2010; Noyan 2005; Rovenska ve Rovenski 2011).

Organizmanın her tarafında lenf damarları bulunmakla beraber; derinin yüzeysel kısımlarında, santral sinir sisteminde, periferik sinirlerin derin kısımlarında, kasların endomisyumunda, dalak pulpası, kemik iliği, akciğer alveolleri gibi yerlerde yoktur. Çok küçük olanlarının dışında bütün lenf damarlarında lenfin bir yönde ilerlemesini sağlayan kapaklar bulunmaktadır. Lenf damarlarının bir kısmında ritmik kasılmalar görülmektedir. Bu kasılmalar lenfin ilerlemesine yardım etmektedir (Ruddle 2014; Swartz 2001).

Lenf damar yolları yer yer lenf nodülleri (lenf bezi) tarafından kesilerek lenf sıvısının filtrasyonu sağlanmaktadır. Lenf bu nodüllerin sinüzoidlerinden geçtikten sonra yoluna devam eder. Lenf nodülleri vücudun bakterilere ve toksinlere karşı savunmasında önemli rol oynamaktadır. Dokular arası sıvıya girmiş bakteriler kana lenf yolu ile ulaşırlar. İşte bu lenf nodülleri bu karışmayı sinüslerindeki fagositler yardımı ile önleyerek, bakteriler ve toksinler için bir süzgeç vazifesi görmektedirler (Cesmebasi ve ark 2015; Sarsılmaz 2010).

11.1. Lenf Akımına Etkili Olan Faktörler

Doku basıncı; Lenfin meydana geldiği yerdeki doku basıncının artması, dokular arası sıvının lenfe geçişini artırmaktadır. Bu da lenf akımının çoğalmasına neden olur. Kan kapiller basıncının artması, plazma kolloid basıncının azalması, total ekstraselüler sıvı volümünün artması, kapiller geçirgenliğinin artması ve dokular arası sıvı proteininin artması gibi faktörler doku basıncını yükselterek lenf akımını arttırmaktadır (Bozdoğan 2000; Guyton ve Hall 2007).

Soluk almada artan negatif intratorasik basınç; Bu basınç kalbe yakın venlerde olduğu gibi lenf damarları üzerinde de bir emme tesiri meydana getirmektedir (Akgün 1988).

Diyafragmanın kontraksiyonu; Diyafragma, kasılmasıyla bir taraftan intratorasik negatif basıncı arttırırken, diğer taraftan abdominal basıncı da yükselterek, abdominal lenf damarlarının sıkışmasını sağlamaktadır (Akgün 1988).

İskelet kası kasılmaları; İskelet kaslarının içerisinden geçen lenf damarlarını sıkıştırarak lenfin kalp istikametinde ilerlemesine yardımcı olmaktadır (Akgün 1988).

11.2. Lenf Dolaşımı ve Egzersiz

Hareketsizlik; vücuttaki dolaşım, lenfatik drenaj ve immun yanıtın yavaşlamasına, yatağa bağımlı hastadaki daha uzun süreli hareketsizlik ise bu sorunların daha da artmasına neden olmaktadır (DeWit 1999). Hareketsizliğin zararlı etkilerini engellemek için; yatağa bağımlı hastaların yatak içinde hareket ettirilmesi, pozisyon değiştirilmesi, masaj ve düzenli egzersiz yaptırılması önerilmektedir (Smeltzer ve Bare 2000).

Yapılan başka bir çalışmada, aktif egzersizden bir dakika sonrasında nötrofil sayısında anlamlı, lenfositlerde anlamsız artış, diğer grupta ise egzersiz öncesine göre egzersiz sonrası lökositoz ($p<0.001$), lenfositoz ($p<0.001$), nötrofil ($p<0.01$), monositoz ($p<0.01$) anlamlı bulunmuştur (Ünal ve ark. 2001).

Uzun süre antrenman yapanlarda lökosit ve lenfosit miktarlarının istirahat halinde sedanterlerden farklı olmadığı, fakat maksimal egzersizlerin hem antrenmanlı, hem de sedanterlerde lökositoz ve lenfositoz'a neden olduğu, submaksimal egzersizlerin antrenmanlılarda herhangi bir değişiklik oluşturmazken sedanterlerde lökositoz ve lenfositoz'a neden olduğu rapor edilmektedir (Nieman ve Nehlsen 1994).

Lenfödem tedavisinde etkin bir ilaç yoktur ve bu nedenle yaygın olarak konservatif tedavi yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Egzersiz, deri bakımı, kompresyon bandajları, manuel tedavi ve havalı kompresyon gibi yöntemler belli başlı konservatif tedavi uygulamalarıdır (Ko ve ark 1998).

Lenfödemli hastalarda egzersiz önerilir ama dirence karşı tekrarlanan hareketler olan tenis, golf gibi sporlarına katılmaları istenmez. Egzersiz genel olarak kardiyovasküler sağlık ve yaşam kalitesi için olumlu etkileri olan bir aktivitedir. Yapılan çalışmalarda aksiler diseksiyon sonrası erken fizyoterapi (manuel lenf drenajı, skar dokusunun masajı, aktif omuz egzersizleri) yapıldığında lenfödem azaldığını gösterilmiştir (Ceylan 2016).

Randomize çalışmalarda haftada iki kez giderek artan ağırlıkları kaldırmaya dayanan 1 yıllık egzersizin meme kanseri sonrası stabil lenfödemli olan hastalarda kontrollere göre kol ve le semptomlarını azalttığı, kas kuvvetini artırdığı ve lenfödem ataklarını azalttığı gösterilmiştir (Schmitz ve ark 2009).

Kaynaklar

- Akgün N, 1988. Boşaltım, Dolaşım, Sindirim Fizyolojisi. 8.Baskı, Ege Üni. Matbaası, İzmir, s, 397-402, 438-81.
- Akgün, N, 1989. Egzersiz Fizyolojisi, 3. Baskı, I. Cilt, Ankara.
- Aktümsek A, 2010. Anatomi ve Fizyoloji (İnsan Biyolojisi). 5.Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, s, 212.
- Atlı M, TemurAA, Bay A, Karadağ H, Öner AF, 2006. Düzenli Egzersiz ve Sigaranın Lenfosit Alt Grupları Üzerine Etkisi. Van Tıp Dergisi: 13 (3):97-102.
- Berne RM, Levy MN, Koopman BM, Stanton BA, 2008. Fizyoloji. 5. Baskı, Güneş Tıp Kitapevi, Ankara, s, 413-31.
- Bilgin H, 2005. Nörofizyoloji. Yoğun Bakım Derneği Dergisi, 3(1): 11-18.
- Bolter CP, Banister EW, Singh AK, 1986. Intrinsic tares and adrenergic responses of atria from rats on sprinting, endurance and alking exercise programmes. Aust J Exp Biol Med. Sci., 64: 251-6.
- Bozdoğan Ö, 2000. Fizyoloji. 1. Baskı, Palme Yayıncılık, Ankara, s, 230-43.
- Cesmebasi A, Baker A, Du Plessis M, Matusz P, Shane Tubbs R, Loukas M. 2015. The surgical anatomy of the inguinal lymphatics. Am Surg. 81(4):365-9.
- Ceylan İ, 2016. Lenf Sistemi Hastalıkları: Cerrahi. A.Ü. Tıp Fakültesi Yayını. Ankara, s.633-41.
- Cheema BS, Singh MF, 2005. Exercise training in patients receiving maintenance hemodialysis: a systematic review of clinical trials. Am J Nephrol. 25:352-64.
- Cheuvront SN, Ely BR, Kenefick RW, Buller MJ, Charkoudian N, Sawka MN, 2012. Hydration assessment using the cardiovascular response to standing. Eur J Appl Physiol, 112(12):4081-89.
- Cogan MG, 1991. Fluid and Electrolytes. Physiology and Pathophysiology. Appleton and Lange, New Jersey.
- Cohen MV, 1978. The functional value of coronary collaterals in myocardial ischemia and therapeutic approach to enhance collateral flow. Am Heart J., 95:396-404.
- Cotman CW, Engesser-Cesar C, 2002. Exercise enhances and protects brain function. Exerc Sport Sci Rev., 30(2):75-9.
- Çakmakçı E, Pulur A, 2008. Milli Takım Kamp Döneminin Bayan Taekwondocularda Bazı Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkileri. S.Ü. Bes Bilim Dergisi, 10:39-47.
- Çelik T, Çelik M, İyisoy A, 2010. Koroner Kolateral Dolaşım. Türk Kardiyol Dern. Arş., 38(7): 505-514.
- Çimen A, 1994. Anatomi. Bursa: Uludağ Üniversitesi Basımevi, 4. Baskı, Bursa, 253-57.
- Dilege Ş, 2002. Mezenter Damar Hastalıkları. Kalaycı G (Editör). Genel Cerrahi'de. 2. baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; s.883-93.
- Erdoğan M, Güzel NA, Sağiroğlu İ, 2012.' Soğuk ve Sıcak Ortamda Akut Dayanıklılık Egzersizinin Maks VO2 ve Kan Laktat Düzeylerine Etkisi' Spor Hekimliği Dergisi Cilt: 47, S. 81-88.
- Ergen E, 1992. Değişik Ortam Koşullarında Egzersiz.Türk Tabipler Birliği Merkez Konseyi Spor Hek.Yay.:(1):46-52.
- Ersoy N, Ersoy G, 2019. Barsak Mikrobiyotası ve Dayanıklılık Egzersizleri. HSP, 6(1):170-178.
- Ganong WWF, 1999. Tıbbi Fizyoloji. 9.Baskı, Barış Kitapevi, Ankara, 643-64.
- Gonzalez-Alonso J, Teller C, Andersen SL, Jensen FB, Hyldig T, Nielsen B, 1999. Influence of body temperature on development of fatigue during prolonged exercise in the heat. J Appl Physiol. 86: 1032-39.
- Granit D, 2015. Karaciğer Anatomi ve Fizyolojisi. Türkiye Klinikleri J Med Oncol-Special Topics, 8(1):1-6.
- Grondin CM, 1996, Surgical anatomy of the coronary arteries. In Glenns thoracic and cardiovascular surgery (ed. By baue AE et al) Prentic Hall international Inc., 2057-72.
- Guyton AC, Hall JE, 2007. Tıbbi Fizyoloji. 11. Baskı, Nobel Tıp Kitapevleri, İstanbul, 246-47, 249-50, 320-325.
- Günay M, Şıktar E, Şıktar E, Baltacı K, 2017. Egzersiz ve Kalp. Batman Belediyesi Spor Kulübü Kültür Eğt. ve Spor Yayınları, 1.Basım, Özgür Web Ofset Matbaacılık, Ankara, 72,73.
- Günay M, Tamer K, Cicioğlu İ, 2010. Spor Fizyolojisi ve Performans Ölçümü. 2. Baskı, Gazi Kitapevi, Ankara, s. 225-31.
- Hasegawa H, Takatori T., Komura T. et al., 2006. 'Combined Effects of Pre-cooling and Water Ingestion on Thermoregulation and Physical Capacity During Exercise in a Hot Environment' Journal of Sports Sciences. 24;3-9.
- Hedelin RG, Kentta U, Wiklund P, Bjerle K, Henriksson L, 2000. Short-term overtraining: effects on performance, circulatory responses, and heart rate variability. Medicine and Science in Sports and Exercise, 32(8):1480.
- Hodges GJ, Johnson JM, 2009. Adrenergic control of the human cutaneous circulation. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 34(5): p. 829-839.
- Holzschneider K, Wolbers T, Röder B, Hötting K, 2012. Cardiovascular fitness modulates brain activation associated with spatial learning. Neuroimage. 1;59(3):3003-14.
- Idorn M, Hojman P, 2016. Exercise-Dependent Regulation of NK Cells in Cancer Protection. Trends Mol Med, 22(7):565-77.
- James DWD, Berger TG, Elston DM, 2011. Andrew's Diseases of The Skin: Clinical Dermatology, Elsevier.
- Jeukendrup AE, Vet-Joop K, Sturk A, et al., 2000. Relationship between gastro-intestinal complaints and endotoxaemia, cytokine release and the acute-phase reaction during and after a long-distance triathlon in highly trained men. Clin Sci (Lond), 98(1):47-55.
- Karabıyık L, İnan G, 2012. Renal Fizyoloji ve Anestezi, Bölüm 24, Temel Anestezi, Keçik Y (ed), Ankara, Güneş Tıp Kitapevleri Ltd Şti, s. 319-20.
- Karakılçık AZ, Halat R, Zerin M, 2013. Hematologic and biochemical profiles and correlations among lipid values, erythrocyte and platelet indices in young soccer players. Türkiye Klinikleri J Sports Sci., 5(1):8-15.
- Kaynar Ö, Kıyıcı F, Öztürk N, Bakan E, 2015. Elit güreşçilerde akut egzersizin plazma lipid düzeylerine etkisi, Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 17:33.
- Khanna GL, Manna I, 2006. Study of Physiological Profile of Indian Boxers. J Sports Sci Med., 5: 90-8.
- Klahr S, 1988. Structure and function of the kidney. Cecil Textbook of Medicine. Wyngaarden JB, Smith LL (eds). WB Saunders Company, Philadelphia, 508-520.
- Kierszenbaum AL, 2006. İmmün-Lenfatik Sistem Sistem. In: Histoloji ve Hücre Biyolojisi: Patolojiye Giriş, Çev Ed. Ramazan Demir, 1. baskı, Ankara, Palme Yayıncılık, s. 267-98.
- Ko DS, Lerner R, Klose G, Cosimi AB, 1998. Effective treatment of lymphedema of the extremities. Arch Surg., 133(4):452.

- Koçyiğit Y, Aksak MC, Atamer Y, Aktaş A, 2011. Futbolcu ve basketbolcularda akut egzersiz ve C vitamininin karaciğer enzimleri ve plazma lipid düzeylerine etkisi. *J Clin Exp Invest.*, 2:62-68.
- Kurdak SS, 2012. Solunum Sistemi Maksimal Egzersiz Kapasitesini Sınırlar mı? *Solunum Dergisi*, 14:12-20.
- Lavie CJ, Thomas RJ, Squires RW, et al., 2009. Exercise training and cardiac rehabilitation in primary and secondary prevention of coronary heart disease. *Mayo Clin Proc.*, Apr; 84(4): 373-83.
- Libonati JR, Gaughan JP, Hefner CA, Gow A, Paolone AM, Houser SR, 1997. Reduced ischemia and reperfusion injury following exercise training. *Med Sci Sports Exerc.*, 29: 509-16.
- Lorenzo S, Halliwill JR, Sawka MN, Minson CT, 2010. Heat acclimation improves exercise performance. *J Appl Physiol.*, 109:1140-1147.
- Mach N, Botella DF, 2017. Endurance exercise and gut microbiota: A review. *JSHS*. 6(2):179-197.
- Miller MJ, Newberry RD, 2010. Microanatomy of the intestinal lymphatic system *N Y Acad Sci.*, 1207(Suppl 1): E21-E28.
- Morhman DE, Heller LJ, 2010. *Cardiovascular Physiology*. 7 ed., USA: The McGraw-Hill.
- Müftüoğlu O, 2003. "Yaşasın Hayat - Viva la Vita", 1.Basım, Doğan Kitapçılık, İstanbul, 88.
- Nieman DC, Nehlsen LS, 1994. The İmmun respons to exercise seminars in hematology., 31; 2.
- Noyan A, 2005. Yaşamda ve Hekimlikte Fizyoloji. 15.Baskı, Meteksan, Ankara, 840-51.
- O'Mara CS, Ernst CB, 1986. Acute mezenteric ischemia. İn: Zuidema GD (Ed.). *Shackelfold's surgery of the alimentary tract* 2th ed. Vol.5, Philadelphia: W.B. Saunders Company, p.3-36.
- Packer L, 2010. Oxidants, antioxidant nutrients and the athlete. *Journal of Sports Sciences*, 15: 353-363.
- Pehlivan A, 2000. Fitness Salonlarında Risk Faktörü Taşıyan Kişilerde Uygulanabilecek, İnterval Prensipli Aerobik Antrenman Programı. *Spor Araştırmaları Dergisi* 4. Cilt, 1. Sayı Ankara,
- Pilcher JJ, Nadler E, Busch C, 2002. Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review *Ergonomics* 45: 682-98.
- Ploughman M, 2008. Exercise is brain food: the effects of physical activity on cognitive function. *Dev Neurorehabil*, 11(3):236-40.
- Powell KE, Thompson PD, Caspersen CJ, et al., 1987. Physical activity and the incidence of coronary heart disease. *Annu Rev Public Health*, 8:253-87.
- Reynolds MB, Padfield PL, Seckl JR, 2006. Disorders of sodium balance. *BMJ*, 332: 702-5.
- Roca J, Burgos F, 2012. Exercise testing. İn: Spiro SG, Silvestri GA, Agusti A (eds). *Clinical Respiratory Medicine*. 4th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders, 143-53.
- Roffi M, Patrono C, Collet JP, Mueller C, Valgimigli M, Andreotti F, et al. 2016. ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation. *European Heart Journal*, 37(3):267-315.
- Rosmarin MN, Beard MJ, Robbins SW, 1993. Serum enzyme activities in individuals with different levels of physical fitness. *J Sports Med Physical Fitness*, 33:252-7.
- Rovenska E, Rovenski J, 2011. Lymphatic vessels: structure and function. *IMAJ*, 13(12): 762-8.
- Rowell LB, Brengelmann GL, Murray JA, Kraning KKn, Kusumi F, 1969. Human metabolic responses to hyperthermia during mild to maximal exercise. *J Appl Physiol*. 26:395-402.
- Ruddle NH, 2014. Lymphatic vessels and tertiary lymphoid organs. *J Clin Invest.*, 124(3):953-9.
- Sarsılmaz M, 2010. *Anatomi*. 2.Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 135-40.
- Sayek İ, 1994. Dalak yapı ve fonksiyonları. *Temel cerrahi*. Cilt-I. 1033- 40.
- Schmitz KH, Ahmed RL, Troxel A, et al., 2009. Weight lifting in women with breast-cancer-related lymphedema. *N Engl J Med.*, 361(7):664.
- Smeltzer SC, Bare BG, 2000. *Brunner&Suddarth's text book of medical-surgical nursing*, Lippincott, 9th Edition, Baltimore, 1700-1718.
- Swain RA, Harris AB, Wİener EC, et al., 2003. Prolonged exercise induces angiogenesis and increases cerebral blood volume in primary motor cortex of the rat, *Neuroscience* 117 (4), pp. 1037-46.
- Swartz MA, 2001. The physiology of the lymphatic system. *Adv Drug Deliv Rev.*, 50(1-2):3-20.
- Şekeroğlu MR, Aslan R, Tarakçioğlu M, Kara M, 1997. Sedanter erkeklerde akut programlı egzersizin serum apolipoproteinleri ve lipidleri üzerine etkileri. *Genel Tıp Derg.*, 7:5-8.
- Thompson PD, Buchner D, Pina I, et al., 2003. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease. Statement from the council on clinical cardiology (Subcommittee on exercise, rehabilitation, and prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity). *Circulation*, 107:3109-16.
- Tourani SS, Taylor GI, Ashton MW, 2014. Understanding the three-dimensional anatomy of the superficial lymphatics of the limbs. *Plast Reconstr Surg.*, 134(5):1065-74.
- Törüner A, 2004. Mezenterik vasküler hastalıklar. Sayek İ (Editör). *Temel Cerrahi*. Ankara: Güneş Kitabevi, s.1499-502.
- Tsopanakis C, Cotsarelis D, Tsopanakis AD, 1986. Lipoprotein and lipid profiles of elite athletes in Olympic sports. *Int J Sports Med.*, 7:316-21.
- Türkkan M, 2008. Supratendörizyal Kitle Cerrahisinde Sevofluran-Deksmedetomidin, İzofluran-Deksmedetomidin Uygulamalarının Hemodinami ve Erken Derlenme Üzerine Etkileri. Çukurova Üniv.Tıp Fak. Anesteziyoloji ABD. Uzmanlık Tezi, 2-4.
- Ünal M, 2002. Sıcak ve Soğuk Ortamda Egzersiz. İst. Tıp Fak. Mecmuası, 4.65.
- Ünal M, Erdem S, Kayserilioğlu A, Deniz G, 2001. Aerobik ve anaerobik akut egzersizlerin immun parametreler üzerindeki etkileri. *İst. Tıp Fak. Mec.*, 64:3, 174-181.
- Vaithilingham I, Polkinghorne KR, Atkins RC, Kerr PG, 2004. Time and exercise improve phosphate removal in hemodialysis patients. *American Journal of Kidney Disease*, 43(1): 85-89.
- Quadrilatero J, Hoffman-Goetz L, 2003. Physical activity and colon cancer. A systematic review of potential mechanisms. *J Sports Med Phys Fitness*, 43: 121-38.
- Wannamethee SG, Shaper AG, Walker M, 2000. Physical activity and mortality in older men wit diagnosed coronary heart disease. *Circulation*, 102: 1358-63.
- Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, et al., 2011. *Physiology of exercise. Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications*. 5th ed. Wolters Kluwer Lippincott Williams & Wilkins.
- Wendt D, van Loon LJC, van Marken Lichtenbelt WD, 2007. Thermoregulation during exercise in the heat. *Sports Med.*, 37(8):669-682.
- Yılmaz B, 2005. *Fizyoloji*. 2.Baskı, Feryal Matbaacılık, Ankara, 315-35.